บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีในการวิจัยได้แก่ กรดซัลฟูริก,โซเดียมไฮดรอกไซด์,น้ำดิบสังเคราะห์ , อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน และเครื่องมืออุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพ หรือลักษณะของน้ำ

1. น้ำขุ่นสังเคราะห์

อนุภาคแร่ดินเหนียว เช่น คาโอลินไนท์ , เบนโทไนท์ และเวอร์มิคูไลท์ เป็นสาเหตุที่สำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดิน (จุมพล คืนตัก , ธงชัย พึ่งรัศมี และ พิภพ วสุวานิช , 2534) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกดินคาโอลินที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอลินไนท์และสารอินทรีย์เป็นตัวสร้างความขุ่น ทำการคัดขนาดอนุภาคดินให้ได้ขนาดอนุภาค 1 ไมครอนแล้วผสมลงไปสร้างความขุ่น (ดูวิธีการเตรียมในภาคผนวก ข.) และปรับให้มีความขุ่น 50 เอ็นทียูตลอดการทดลอง

2. สารเคมี

สารเคมีที่เลือกเป็นสารโคแอกกูแลนต์ คือ โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 สารเคมีที่เลือกใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอด มีรายละเอียดดังตาราง 4.2 , 4.3 , 4.4 สารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำในการศึกษาครั้งนี้ใช้กรดซัลฟูริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สมบัติของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ที่ใช้ในงานวิจัย

Specification of Polyaluminum Chloride

Code name	PAC-250AD
Appearance	Hygroscopic Powder
Al2O3 (%)	Min 30 %
Fe (%)	Max 0.03
As (ppm)	Max 20
Mn (ppm)	Max 75
Cd (ppm)	Max 6
Pb (ppm)	Max 30
Hg (ppm)	Max 0.6
Basicity (%)	50.0+30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 สมบัติของโพลีเมอร์แอนไอออน ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า NALCO AP 130
ประเภท Anionic Polymer

Appearance	white granular powder
Molecular weight	11 million
Bulk density (g./cc.)	0.50 - 0.65
Odor	none
Recommended dilution	0.05 - 0.10 %
Activated time (min)	60 - 90
Dosage for application	
- Coagulation aid (ppm)	0.2 - 1.0
- Filter aid (ppm)	0.02 - 0.2

ตารางที่ 4.3 สมบัติของโพลีเมอร์แคตไอออน ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า NALCO 9904
ประเภท Cationic Polymer

Appearance	solid bead form
Molecular weight	11 million
Effective pH	wide
Preparation	0.2 - 0.3 %

ตารางที่ 4.4 สมบัติของโพลีเมอร์นอนไอออน ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า K 300

ประเภท Nonionic Polymer

Appearance	White granular
Molecular weight	high
Bulk density (g/cc.)	0.80
Viscosity (cps)	
- 0.5% solution	80
Shelf life	
- Dry powder	10 months

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1	ถังเตรียมน้ำขนาด 680 ลิตร	1 ใบ
3.2	ถังเก็บน้ำดิบที่คัดขนาดแล้ว 500 ลิตร	2 ใบ
3.3	เครื่องสูบน้ำหอยโข่ง ขนาด0.5Hp. 9/40 l/min,37/5Hm	1 ตัว
3.4	ถังน้ำควบคุมความดัน ขนาด 11 ลิตร	1 ใบ
3.5	มอเตอร์กวนเร็ว(ขนาด 0.05 Hp. 1 Phase 100 Volt)	2 ตัว
3.6	ท่อปฏิกรณ์กวนเร็ว ทำด้วยอะครีลิครูปทรงกระบอกใส เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 50 ซม.พร้อมใบกวนเร็ว	2 ชุด
3.7	มอเตอร์กวนช้าชนิดปรับรอบได้ (0.03 Hp 1 Phase 220 Volt)	1 ตัว
3.8	ท่อปฏิกรณ์สร้างเม็ดตะกอน ทำด้วยอะครีลิครูปทรงกระบอกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 250 ซม.พร้อมใบกวนช้า	1 ชุด
3.9	เครื่องสูบแบบไดอะแฟรม จ่ายโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ของ PROMINENT รุ่น Gamma/4W 0408 TP	1 ตัว
3.10	เครื่องสูบแบบเพอริสตัลติกจ่ายสารโพลีเมอร์ของ WATSON MARLOW 503S	1 ตัว
3.11	ถาดคัดขนาดดินคาโอลิน ขนาด 70 x 150 x 20 ซม.	2 ถาด

4. อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะน้ำ

4.1 เครื่องมือวัดความขุ่น ของ HACH รุ่น 2100 A

4.2 เครื่องมือวัดพีเอชของ HORIBA รุ่น F 13

4.3 เครื่อง INDUCTIVELY COUPLED PLASMA EMISSION SPECTROMETER Model Perkin-Elmer PLASMA-1000 สำหรับหาค่าปริมาณอะลูมิเนียมละลายน้ำและในเม็ดตะกอน

4.4 กล้องจุลทรรศน์เพื่อวัดขนาดเม็ดตะกอน

ขั้นตอนการศึกษา

แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

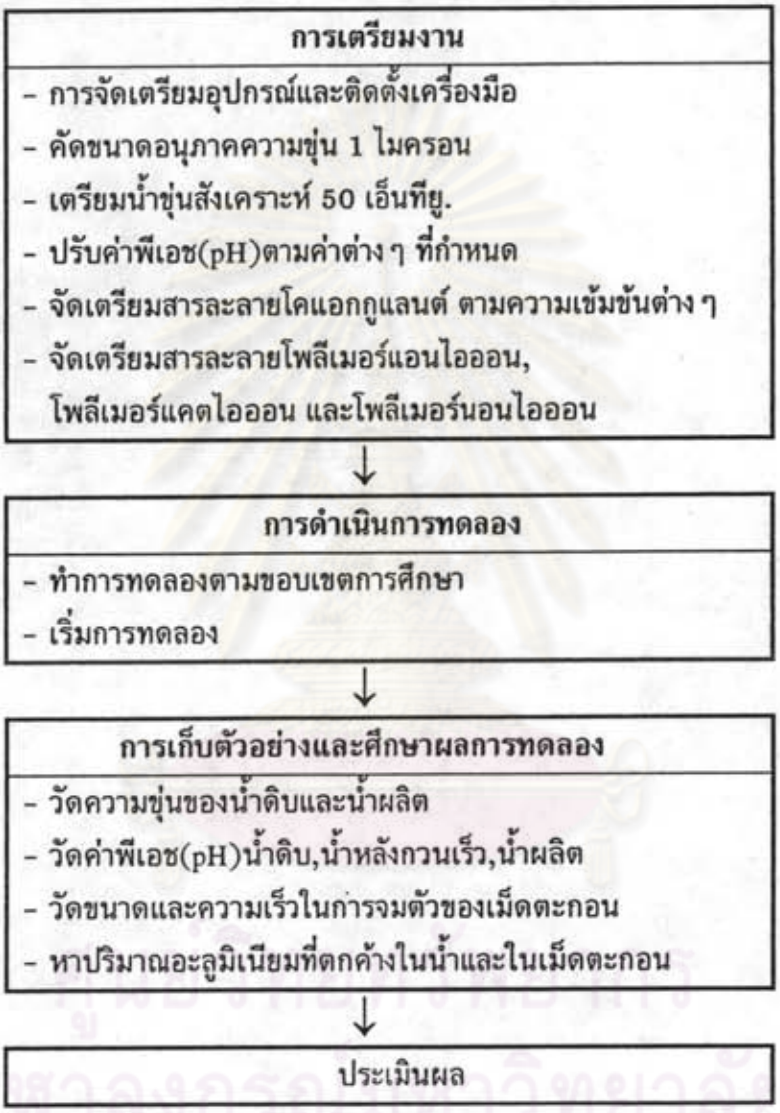
1. การเตรียมการทดลอง

2. การดำเนินการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3. การสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีกำจัดความขุ่นโดยการสร้างเม็ดตะกอน ดังแผนผังสรุปการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังสรุปขั้นตอนการศึกษา



รูปแบบของการศึกษา แบ่งออกได้ ดังนี้

1. การเตรียมการทดลอง

เตรียมการทดลองโดยการประกอบติดตั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง การเตรียมน้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลิน และการเตรียมสารเคมีชนิดต่าง ๆ นี้ใช้ในการทดลอง

2. การดำเนินการทดลอง

ใช้อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นที่เตรียมไว้โดยศึกษาผลพีเอช เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น และใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์เป็นโคแอกกูแลนต์ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยทำการวัดค่าความขุ่นของน้ำก่อนและหลังการทดลอง ขนาดและความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน จากนั้นวัดปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิตและปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอน ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่
- ชนิดของโพลีเมอร์
- ปริมาณความเข้มข้นโพลีเมอร์ที่ใช้
- ปริมาณความเข้มข้นของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ที่ใช้
- พีเอช ของน้ำดิบสังเคราะห์

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่
- ปริมาณความขุ่นตกค้างของน้ำผลิต
- ปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายในน้ำผลิต
- ปริมาณอะลูมิเนียมในเม็ดตะกอน
- ความสูงของชั้นเม็ดตะกอน
- ขนาดเม็ดตะกอน
- ความเร็วในการจมตัวของเม็ดตะกอน

2.3 ตัวแปรคงที่ ได้แก่

- ชนิดของน้ำขุ่นสังเคราะห์ เป็นน้ำผสมอนุภาคดินคาโอลินขนาด 1 ไมครอน
- ระดับความขุ่นของน้ำดิบ 50 เอ็นทียู
- รูปแบบการจัดใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 1 รูปแบบ
- ความเร็วรอบของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์กวนเร็ว 450 รอบต่อนาที
- ความเร็วรอบของใบพัดกวนน้ำในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน 5 รอบต่อนาที

3 การสรุปผลการทดลอง และเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เป็นการนำผลการศึกษาในตอนต้นมาทำการประเมินเพื่อให้ทราบถึงสมรรถภาพ และประสิทธิภาพของกระบวนการสร้างเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้นในการจัดความขุ่น มื่อเปลี่ยนค่าพีเอชต่าง ๆ กัน โดยใช้โพลีเมอร์ชนิดและปริมาณต่าง ๆ เป็นโคแอกกูแลนต์เอด และใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์เป็นโคแอกกูแลนต์

ขอบเขตการทดลอง

เพื่อทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนพีเอชในน้ำที่มีค่าต่าง ๆกัน ในที่นี้จึงทำการทดลองที่ค่าพีเอชจำนวน7 ค่า คือ 5 , 5.5 ,6.0 , 6.5 ,7.0 , 7.5 , 8.0

การดำเนินการศึกษา

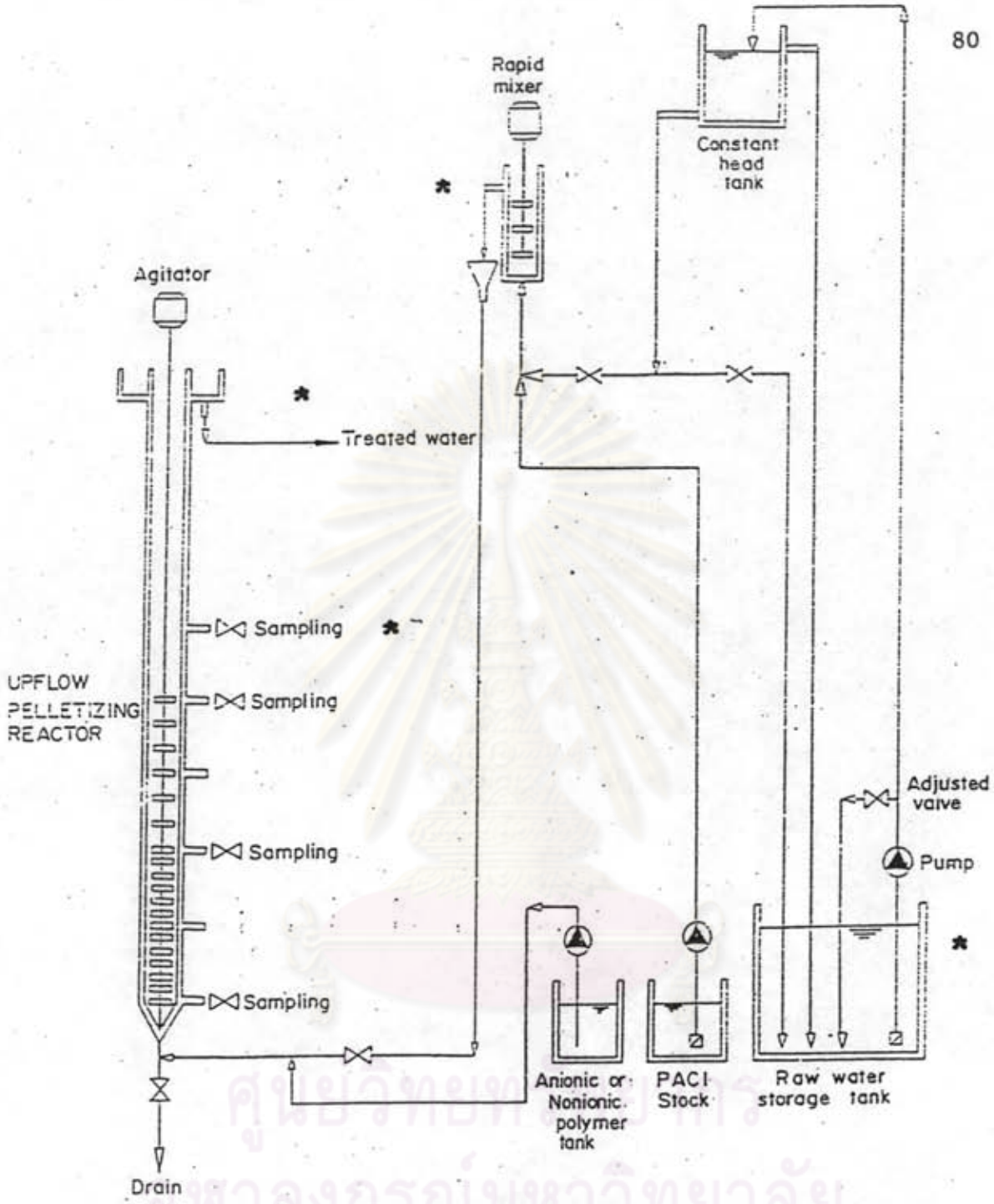
1 วิธีการทดลอง

1.1 ทำการทดลองชุดที่ 1 (ตารางที่ 4.6)เมื่อเริ่มทำการทดลองจะมีการสร้างชั้นเม็ดตะกอนให้มีความสูง 180 ซม. จากนั้นที่เวลา 0 ชั่วโมงนำน้ำดิบสังเคราะห์ที่ 50 เอ็นทียู. ที่ทำการปรับพีเอชแล้ว มาผ่านอุปกรณ์กวนเร็ว ใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ เป็นโคแอกกูแลนต์ จากนั้นผ่านน้ำดังกล่าวเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน และใช้โพลีเมอร์แอนไอออนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ดังแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.1 แล้วจึงเริ่มเก็บตัวอย่างตามตารางที่ 4.5 เพื่อนำไปวิเคราะห์ที่เวลา 0.5 ชม. , 1ชม. , 2 ชม., 3 ชม. , 4 ชม. , 5 ชม. , 6ชม. จึงสิ้นสุดการทดลอง

1.2 ทำการทดลองในการทดลองชุดที่ 2 (ตารางที่ 4.7) โดยเปลี่ยนโคแอกกูแลนต์เอดเป็นโพลีเมอร์นอนไอออน

1.3 ทำการทดลองในชุดที่ 3 (ตารางที่ 4.8)โดยเปลี่ยนโคแอกกูแลนต์เอดเป็นโพลีเมอร์แคตไอออน (NALCO 9904) เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับการใช้โพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออน โดยทำการสูบจ่ายโพลีเมอร์แคตไอออนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็ว ชุดที่ 2 ดังแสดงในรูป 4.2 ทั้งนี้ก็เพื่อให้ประจุบวกของโพลีเมอร์แคตไอออนสามารถทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งต่างจากใช้โพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออน ที่มีการสูบจ่ายเข้าอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนโดยตรงเพื่อให้เกิดการต่อเชื่อมของโพลีเมอร์ (Polymer bridging)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 การเติมโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ก่อนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็วและเติมโพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออนก่อนเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน
(* เป็นตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5ตารางการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลการทดลอง

	START UP	ชม.ที่ 0.5	ชม.ที่ 1	ชม.ที่ 2	ชม.ที่ 3	ชม.ที่ 4	ชม.ที่ 5	ชม.ที่ 6
1 ความขุ่น								
-ถังน้ำดิบ	X			X		X		X
-น้ำผลิต		X	X	X	X	X	X	X
2 พีเอช								
-ถังน้ำดิบ	X	X	X	X	X	X	X	X
-หลังกวนเร็ว	X	X	X	X	X	X	X	X
-น้ำผลิต	X	X	X	X	X	X	X	X
3 ขนาดเม็ดตะกอนและความเร็วการจมตัวของเม็ดตะกอนที่ระดับ 130 ซม.		X	X	X		X		X
4 ปริมาณอะลูมิเนียมทั้งหมดในน้ำผลิต								X
5.ปริมาณอะลูมิเนียมทั้งหมดในเม็ดตะกอน								X

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การทดลองชุดที่ 1 ความเข้มข้นของโพลีเมอร์แอนไอออน 0.3 มก./ล.

PACl pH	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8.0
1	P1-5-A	P1-5.5-A	P1-6-A	P1-6.5-A	P1-7-A	P1-7.5-A	P1-8.0-A
3	P3-5-A	P3-5.5-A	P3-6-A	P3-6.5-A	P3-7-A	P3-7.5-A	P3-8.0-A
5	P5-5-A	P5-5.5-A	P5-6-A	P5-6.5-A	P5-7-A	P5-7.5-A	P5-8.0-A

คำอธิบายสัญลักษณ์ : P1-5-A คือ สัญลักษณ์ระบุหมายเลขของการทดลอง โดยที่

P1 คือ ความเข้มข้นของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล.

5 คือ ค่าพีเอช(pH)

A คือ ชนิดของโพลีเมอร์ ในที่นี้คือ โพลีเมอร์แอนไอออน

ตารางที่ 4.7 การทดลองชุดที่ 2 ความเข้มข้นของโพลีเมอร์นอนไอออน 0.3 มก./ล.

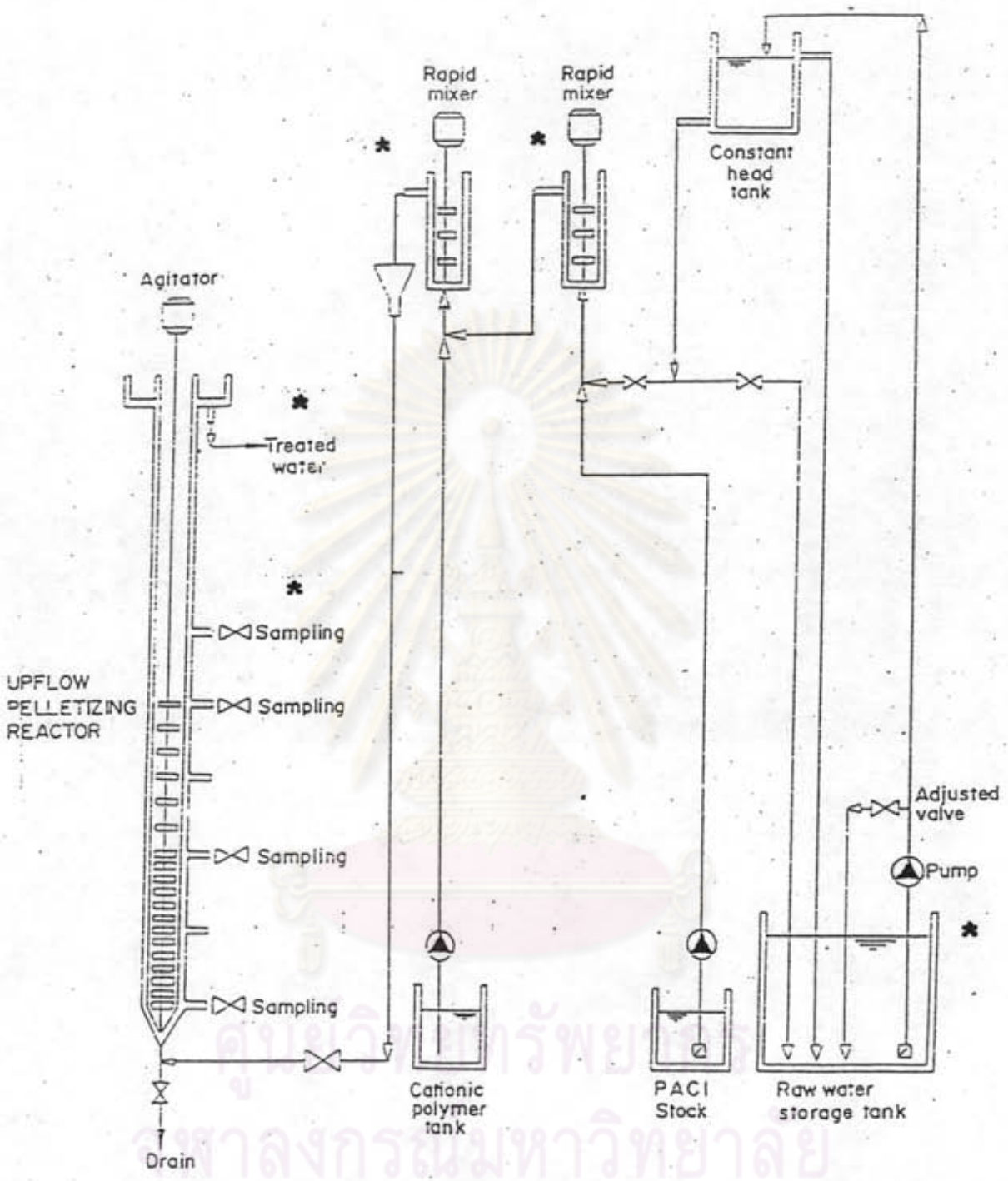
PACl pH	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8.0
1	P1-5-N	P1-5.5-N	P1-6-N	P1-6.5-N	P1-7-N	P1-7.5-N	P1-8.0-N
3	P3-5-N	P3-5.5-N	P3-6-N	P3-6.5-N	P3-7-N	P3-7.5-N	P3-8.0-N
5	P5-5-N	P5-5.5-N	P5-6-N	P5-6.5-N	P5-7-N	P5-7.5-N	P5-8.0-N

คำอธิบายสัญลักษณ์ : P1-5-N คือ สัญลักษณ์ระบุหมายเลขของการทดลอง โดยที่

P1 คือ ความเข้มข้นของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล.

5 คือ ค่าพีเอช(pH)

N คือ ชนิดของโพลีเมอร์ ในที่นี้คือ โพลีเมอร์นอนไอออน



รูปที่ 4.2 การเติมโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ก่อนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 1 และเติมโพลีเมอร์แคตไอออนก่อนเข้าสู่อุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 2
(* เป็นตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 การทดลองชุดที่ 3 ความเข้มข้นของโพลีเมอร์แคตไอออน 0.3 มก./ล.

PACl / pH	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8.0
1	P1-5-C	P1-5.5-C	P1-6-C	P1-6.5-C	P1-7-C	P1-7.5-C	P1-8.0-C
3	P3-5-C	P3-5.5-C	P3-6-C	P3-6.5-C	P3-7-C	P3-7.5-C	P3-8.0-C
5	P5-5-C	P5-5.5-C	P5-6-C	P5-6.5-C	P5-7-C	P5-7.5-C	P5-8.0-C

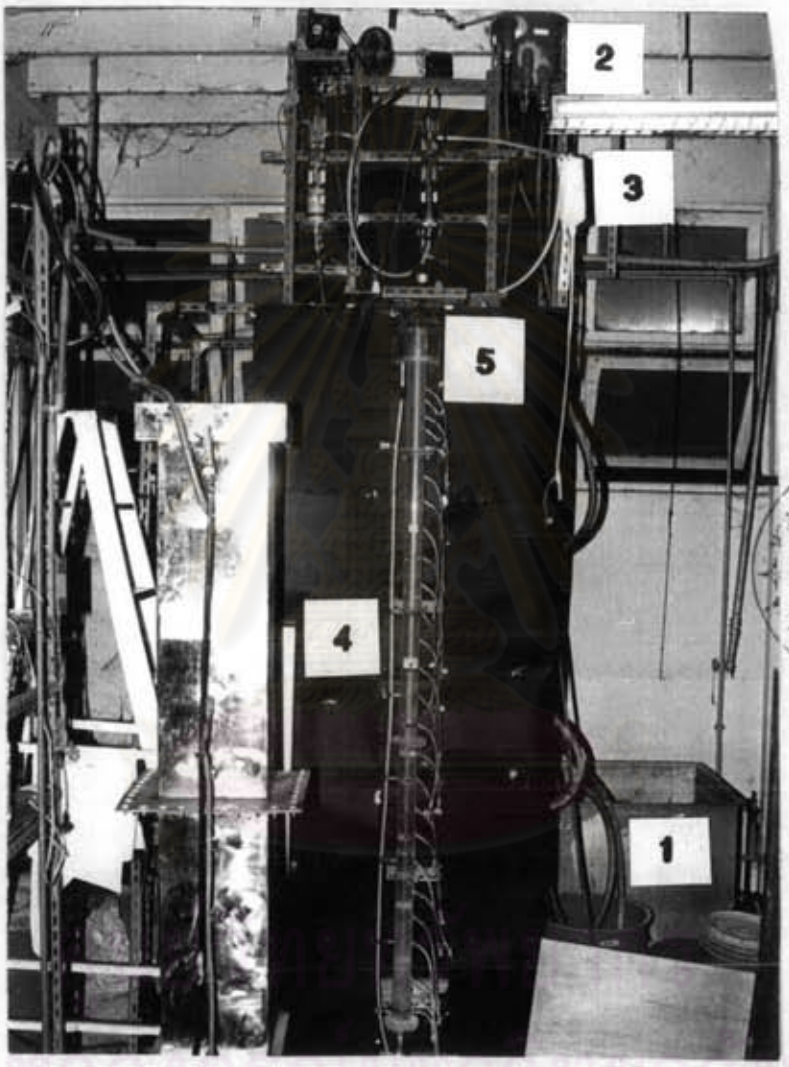
คำอธิบายสัญลักษณ์ : P1-5-C คือ สัญลักษณ์ระบุหมายเลขของการทดลอง โดยที่

P1 คือ ความเข้มข้นของโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ 1 มก./ล.

5 คือ ค่าพีเอช(pH)

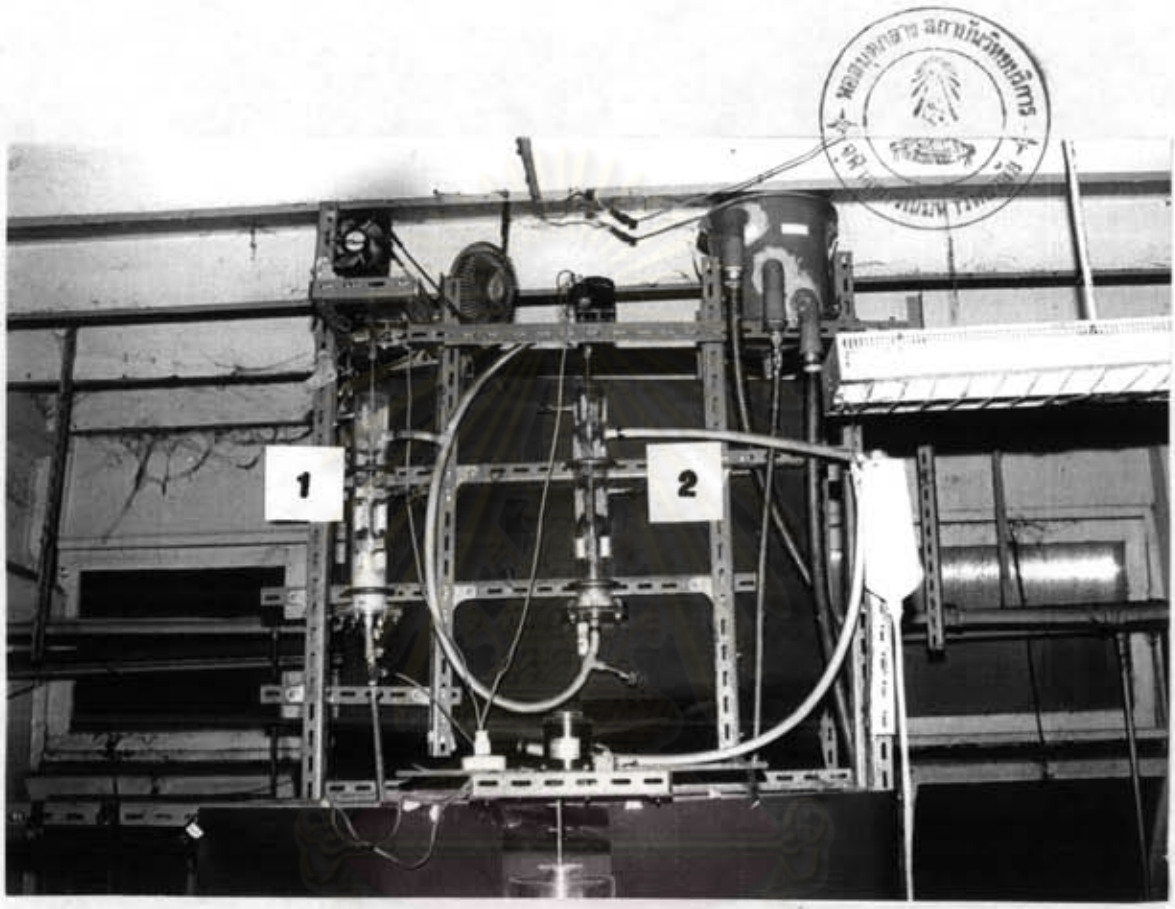
C คือ ชนิดของโพลีเมอร์ ในที่นี้คือ โพลีเมอร์แคตไอออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน



ภาพที่ 4.2 ชุดอุปกรณ์กวนเร็วพร้อมใบกวน ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากภาพที่ 4.1 แสดงภาพของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนที่สร้างขึ้นภายในห้องปฏิบัติการวิจัย โดยน้ำดิบสังเคราะห์ในถังหมายเลข 1 ถูกสูบด้วยเครื่องสูบน้ำหอยโข่งขึ้นไปยังถังควบคุม (constant head tank) หมายเลข 2 น้ำที่ถูกสูบขึ้นมาจะไหลผ่าน เข้าไปยังอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 1 (ดูภาพที่ 4.2 หมายเลข 1) เพื่อเติมโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ และทำการกวนเร็วเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ กรณีที่ใช้โพลีเมอร์แอนไอออนและโพลีเมอร์นอนไอออน น้ำที่ผ่านอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 1 จะถูกส่งไปยังตัวกำจัดฟองอากาศ (หมายเลข 3) ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน ซึ่งฟองอากาศจะทำให้เม็ดตะกอนแตกและฟุ้งไม่สามารถรวมตัวเกิดเป็นชั้นเม็ดตะกอนได้ แล้วจึงผ่านไปยังอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน (หมายเลข 4) น้ำที่ออกจากระบบจะล้นออกไปยังรางรับน้ำที่อยู่ด้านบนของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน (หมายเลข 5)

ในกรณีใช้โพลีเมอร์แคตไอออน น้ำที่ผ่านอุปกรณ์กวนเร็วจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์กวนเร็วชุดที่ 2 (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 2) เพื่อให้ประจุบวกของโพลีเมอร์แคตไอออนทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ ได้อย่างทั่วถึง ก่อนส่งไปยังตัวกำจัดฟองอากาศซึ่งเหมือนกับกระบวนการข้างต้นดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย